

## **Stator und Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruch 1 sowie einen entsprechenden Stator mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 5.

10 Insbesondere in der KFZ-Technik besteht die Anforderung, möglichst einfach ansteuerbare und mit möglichst geringem Aufwand herstellbare und damit kostengünstige motorische Antriebe einzusetzen, beispielsweise für eine elektrisch ansteuerbare Hydraulikpumpe für eine Servolenkung. Für den genannten Anwendungsfall eignen sich infolge des guten Wirkungsgrads und der Wartungsfreundlichkeit vor allem bürstenlose Gleichstrommotoren, insbesondere 4-Phasen-Gleichstrommotoren.

15

Um eine möglichst einfache Ansteuerung des Motors zu ermöglichen, werden häufig die jeweils eine Phase realisierenden Wicklungen mittels jeweils eines steuerbaren elektronischen Schalters, beispielsweise eines Leistungshalbleiters, angesteuert und in der erforderlichen Weise zeitweise mit einer Gleichstromquelle verbunden. Dabei besteht jedoch das Problem, dass jeweils beim Ausschalten einer Phase in der betreffenden Wicklung durch die Selbstinduktion eine negative Spannungsspitze entsteht, die über, in Bezug auf die normale Stromrichtung, in Sperrichtung gepolten Dioden, die parallel zu dem jeweiligen Schaltelement liegen, abgebaut werden können. Dies führt jedoch zu einem entsprechenden entgegengesetzt gerichteten Strom, der bei der Ansteuerung berücksichtigt werden muss und der zudem den Wirkungsgrad des Motors negativ beeinträchtigt.

20

25

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****09/508934**

REC'D	02 DEC 1998
WIPO	PCT

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Bescheinigung**

Die TRW Fahrzeugelektrik GmbH & Co KG in Radolfzell/Deutschland  
hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Stator und Verfahren zum Bewickeln eines Stators  
für einen bürstenlosen Gleichstrommotor"

am 17. September 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol H 02 K 1/06 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 15. Oktober 1998  
Der Präsident des Deutschen Patentamts  
Im Auftrag

Ebert

Zenszeichen: 197 40 937.7



## Stator und Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor

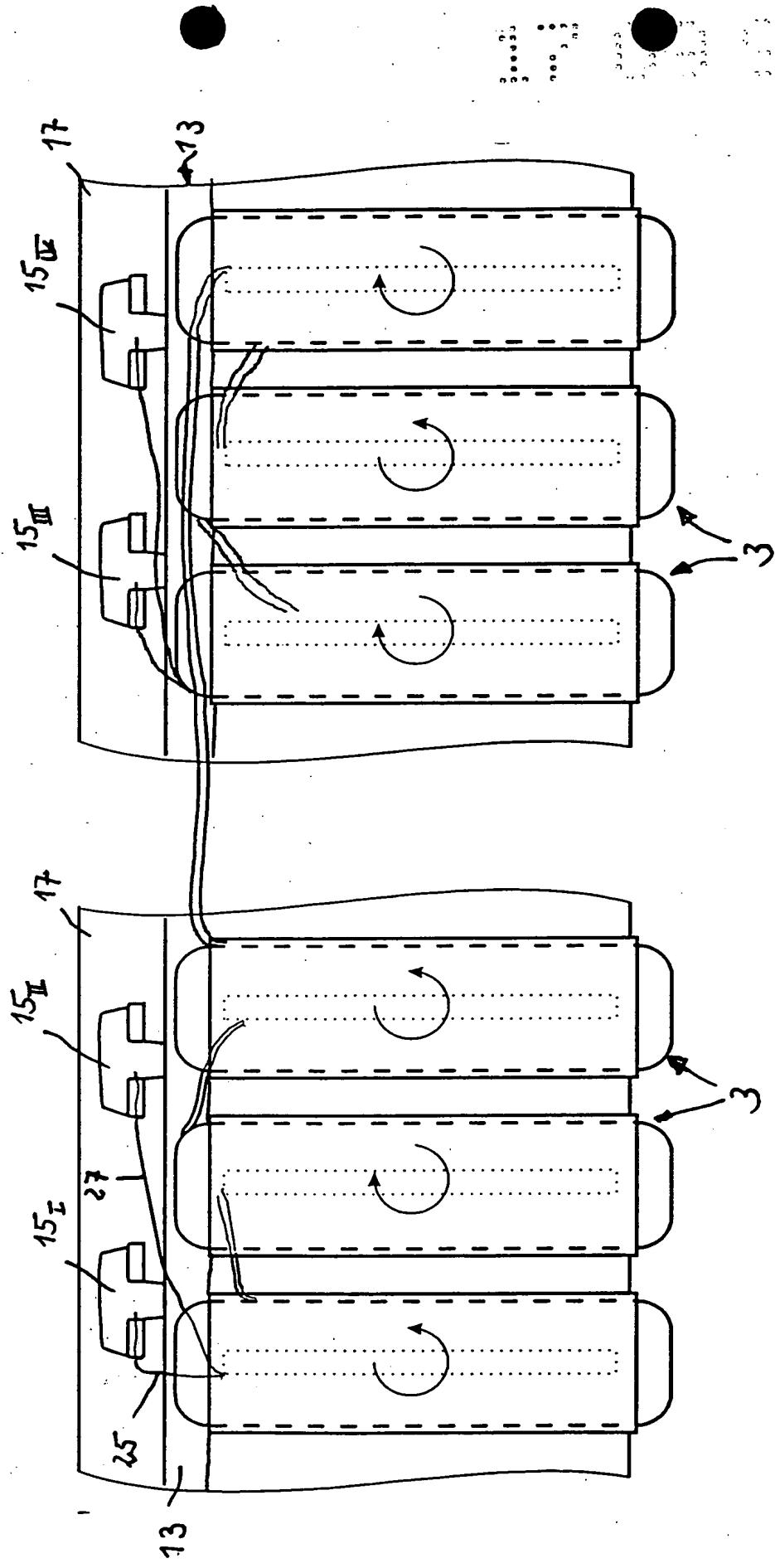
5

### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor, welcher einen Statorkörper (9) mit einer vorbestimmten Anzahl von zu bewickelnden Statorzähnen (3) aufweist, wobei die Statorzähne (3) jeweils mit zwei Wicklungen (W1, W3; W2, W4) bewickelt werden, die magnetisch gekoppelt sind und durch die Bestromung mit unterschiedlichem Richtungssinn die Erzeugung von entgegengesetzten Magnetfeldern ermöglichen, und wobei jede der beiden Wicklungen (W1, W3; W2, W4) aus einer vorbestimmten Anzahl parallel geschalteter Leiter besteht. Erfindungsgemäß werden die Statorzähne (3) in mehreren Teilwickelvorgängen jeweils gleichzeitig mit zwei Leitern (25, 27) oder einer geraden Anzahl von  $2n$  Leitern bewickelt, wobei einer der beiden Leiter (25, 27) oder  $n$  Leiter der  $2n$  Leiter der einen Wicklung und der andere der beiden Leiter (25, 27) oder die anderen  $n$  Leiter der  $2n$  Leiter der anderen Wicklung zugeordnet werden und wobei eine vorbestimmte Anzahl von Teilwickelvorgängen durchgeführt wird, bis die vorbestimmte Anzahl von Leitern pro Wicklung (W1, W3; W2, W4) erreicht ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung einen entsprechenden Stator.

Hauptzeichnung ist Figur 3.

Fig. 3



Belegexemplar  
Darf nicht geändert werden

## Stator und Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 sowie einen entsprechenden Stator mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 5.

Insbesondere in der KFZ-Technik besteht die Anforderung, möglichst einfach ansteuerbare und mit möglichst geringem Aufwand herstellbare und damit kostengünstige motorische Antriebe einzusetzen, beispielsweise für eine elektrisch ansteuerbare Hydraulikpumpe für eine Servolenkung. Für den genannten Anwendungsfall eignen sich infolge des guten Wirkungsgrads und der Wartungsfreundlichkeit vor allem bürstenlose Gleichstrommotoren, insbesondere 4-Phasen-Gleichstrommotoren.

Um eine möglichst einfache Ansteuerung des Motors zu ermöglichen, werden häufig die jeweils eine Phase realisierenden Wicklungen mittels jeweils eines steuerbaren elektronischen Schalters, beispielsweise eines Leistungshalbleiters, angesteuert und in der erforderlichen Weise zeitweise mit einer Gleichstromquelle verbunden. Dabei besteht jedoch das Problem, dass jeweils beim Ausschalten einer Phase in der betreffenden Wicklung durch die Selbstinduktion eine negative Spannungsspitze entsteht, die über, in Bezug auf die normale Stromrichtung, in Sperrichtung gepolte Dioden, die parallel zu dem jeweiligen Schaltelement liegen, abgebaut werden können. Dies führt jedoch zu einem entsprechenden entgegengesetzt gerichteten Strom, der bei der Ansteuerung berücksichtigt werden muss und der zudem den Wirkungsgrad des Motors negativ beeinflusst.

5

Zur Lösung dieses Problems ist es bekannt, beispielsweise aus der WO-A-96/22629, jeweils zwei Wicklungen eines 4-Phasen-Gleichstrommotors magnetisch zu koppeln. Hierzu werden auf jeden Pol bzw. jede Gruppe von Polen jeweils zwei Wicklungen aufgebracht, die zur Erzeugung der gewünschten entgegengesetzten Polung der durch sie erzeugten Magnetfelder in entgegengesetztem Sinn mit Gleichstrom beaufschlagt werden. Der Wicklungssinn der beiden Wicklungen kann dabei der selbe sein. Es genügt, die Enden einer der beiden Wicklungen umgekehrt mit der Gleichstromquelle zu verbinden.

10

15

Durch die so bewirkte magnetische Kopplung der beiden Spulen wird die durch die Selbstinduktion in der betreffenden Wicklung beim Abschalten der jeweiligen Phase induzierte Spannung durch eine in der gekoppelten Wicklung induzierte Spannung kompensiert. Durch die Diode, die dem die gekoppelte Wicklung ansteuernden Schalter parallel geschaltet ist, wird die gespeicherte magnetische Energie abgeführt. Hierdurch ergibt sich eine Verbesserung des Wirkungsgrades.

20

Aus der WO-A-96/22629 ist ebenfalls bekannt, dass sich eine Verbesserung der magnetischen Kopplung der Wicklungen der entgegengesetzten Phasen eines derartigen 4-Phasen-Gleichstrommotors ergibt, wenn die Wicklungen gleichzeitig gewickelt werden. Hierdurch ergibt sich eine engere Nachbarschaft der Drähte der beiden gekoppelten Wicklungen und damit eine größere Koppelinduktivität.

25

30

Da jedoch infolge der hohen Ströme für jede Wicklung mehrere parallel geschaltete Drähte erforderlich sind, war es notwendig, nach dem Wickelvorgang, bei dem alle parallelen Drähte beider Wicklungen auf einmal gewickelt wurden, die Drahtenden den beiden Wicklungen zuzuordnen. Hierzu war es erforderlich, zumindest die Drahtenden zu markieren oder im Nachhinein eine Zuordnung der Drahtenden mittels Durchgangsmessungen vorzunehmen. Insgesamt war eine Automatisierung des Wickelvorgangs und des Zuordnens der Drahtenden zu den Wicklungen bzw. des Kontaktierens der Wicklungen nicht möglich.

Der Erfindung liegt daher ausgehend von diesem Stand der Technik die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor und einen entsprechenden Stator zu schaffen, wobei durch eine Vereinfachung des Herstellungsverfahrens eine Automatisierung des Wickelvorgangs und des Zuordnens der Drahtenden zu den Wicklungen möglich ist.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 5.

10

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass durch die Aufteilung des Wickelvorgangs für jeweils zwei gekoppelte Wicklungen (der entgegengesetzten Phasen) in Teilwickelvorgänge eine wesentliche Vereinfachung des Herstellungsverfahrens und damit eine einfache Automatisierbarkeit erreicht wird. Dabei werden in jedem Teilwickelvorgang  $2n$ , vorzugsweise jedoch nur zwei Drähte gewickelt, wobei die eine Hälfte der Drähte bzw. einer der beiden Drähte der einen Wicklung und die andere Hälfte der Drähte bzw. der andere der beiden Drähte der anderen Wicklung zugeordnet wird.

15

20

Gegenüber den nach dem bekannten Verfahren hergestellten Statoren ergibt sich zusätzlich der Vorteil, dass die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Statoren in der Regel eine noch verbesserte magnetische Kopplung der Wicklungen der jeweils entgegengesetzten Phasen aufweisen. Dies lässt sich dadurch erklären, dass bei einem gleichzeitigen Wickeln aller Drähte der beiden Wicklungen und einem Zuordnen der Drahtenden nach dem Wickelvorgang die Zuordnung und die Lage der einzelnen Drähte innerhalb einer Windung mehr oder weniger zufällig war. Durch das Aufteilen in Teilwickelvorgänge wird zumindest im Mittel eine engere Nachbarschaft der einzelnen Drähte der Wicklungen bzw. eine gleichmäßige Verteilung (gesehen über den Wicklungsquerschnitt) erreicht. Insbesondere bei einem Wickeln von jeweils nur zwei Drähten

25

30

(ein Draht pro Wicklung) ist erreichbar, dass diese beiden Drähte über die gesamte Wicklungslänge eng nebeneinander liegen.

Damit ergibt sich zudem eine verbesserte Reproduzierbarkeit der elektrischen  
5 Eigenschaften des Stators.

Nach der bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung werden zur Zuordnung der Leiter zu den beiden Wicklungen vor jedem Teilwickelvorgang das eine Ende des einen der zwei Leiter oder die einen Enden von n der 10 2n Leiter einem ersten Anschlusskontakt und das eine Ende des anderen der zwei Leiter oder die einen Enden der anderen n der 2n Leiter einem zweiten Anschlusskontakt zugeordnet. Nach jedem Teilwickelvorgang werden das andere Ende des einen der zwei Leiter oder die anderen Enden der n der 2n Leiter einem dritten Anschlusskontakt und das andere Ende des anderen der zwei Leiter oder die anderen Enden der anderen n der 2n Leiter einem vierten Anschlusskontakt 15 zugeordnet. Der erste und dritte Anschlusskontakt dienen somit zur Kontaktierung der einen Wicklung und der zweite und vierte Anschlusskontakt zur Kontaktierung der anderen Wicklung.

20 Vorzugsweise erfolgt das Zuordnen vor einem Teilwickelvorgang dadurch, dass die (Anfangs-) Enden der Drähte mit den betreffenden Anschlusskontakte verbunden werden, beispielsweise durch Löten, Schweißen oder Klemmen. Durch dieses Fixieren ist bei einem Wickeln mit einer automatischen Wickelvorrichtung 25 kein zusätzliches Halten dieser Enden erforderlich. Dabei können die Drahtenden vor dem Wickeln, vorzugsweise von der Wickelmaschine, provisorisch an den Anschlusskontakten befestigt werden, wobei nach dem kompletten Wickeln die endgültige Verbindung z.B. durch eine separate Schweißvorrichtung (hot stacking) erfolgt. Nach dem Teilwickelvorgang können die (hinteren) Enden der Drähte ebenfalls mit den entsprechenden Anschlusskontakte verbunden werden.

30

5

Insbesondere bei einem gleichzeitigen Wickeln von nur zwei Drähten kann auf einfache Weise die Zuordnung der Drähte während des gesamten Wickelvorgangs aufrechterhalten werden, so dass für das Zuordnen keinerlei zusätzliche Maßnahmen, wie ein Markieren der Drähte oder Durchgangsmessungen, erforderlich sind.

10

Bei der bevorzugten Ausführungsform des Stators nach der Erfindung sind, vorzugsweise an einer Stirnseite des Stators, Anschlusskontakte vorgesehen, die eine Anzahl von Befestigungsmittel aufweisen, die der Anzahl der erforderlichen Teilwickelvorgänge entsprechen. Damit ist sichergestellt, dass vor bzw. nach jedem Teilwickelvorgang die Drahtenden ohne Probleme mit den betreffenden Anschlusskontakten verbunden werden können, wobei für jedes Drahtende bzw. für jede Gruppe von  $n$  Drahtenden von  $2n$  gleichzeitig gewickelten Drähten ein eigenes Befestigungsmittel, beispielsweise eine Klemme, zur Verfügung steht.

15

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

20

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines 4-Phasen-Gleichstrommotors mit zugehöriger Ansteuerschaltung;

25

Fig. 2 eine perspektivische Darstellung eines Stators nach der Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung von Auschnitten einer abgewickelten Seitenansicht des Stators in Fig. 1 zur Erläuterung des Wickelverfahrens nach der Erfindung und

30

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung des Stators in Fig. 1 mit montierter Steuerschaltung.

5 Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines 4-Phasen-Gleichstrommotors mit einem Stator 1, auf dem Statorwicklungen W1, W2, W3 und W4 vorgesehen sind. Die Wicklungen W1 bis W4 sind auf Zähnen oder Polen 3 des Stators 1 gewickelt. Die angedeutete magnetische Kopplung der entgegengesetzten Phasen I und III bzw. der entsprechenden Wicklungen W1 und W3 sowie der Phasen II und IV bzw. der entsprechenden Wicklungen W2 und W4 wird dadurch erreicht, 10 dass die Wicklungen W1 und W3 bzw. die Wicklungen W2 und W4 auf die selben Statorzähne gewickelt sind.

15 Die Wicklung bzw. Kontaktierung der Wicklungen W1 und W3 bzw. W2 und W4 erfolgt derart, dass in den Zähnen oder Polen eines nicht dargestellten Rotors zugewandten Bereichen vor den Statorpolen 3 jeweils entgegengesetzte Magnetfelder erzeugt werden. Dies ist in Fig. 1 durch die Punkte an den Wicklungen W1 bis W4 angedeutet.

20 Jede Wicklung ist mit einem Ende bzw. einem Anschluss mit einer Gleichstromquelle 5 verbunden. Das jeweils andere Ende bzw. der jeweils andere Anschluss jeder Wicklung ist mit einem steuerbaren elektronischen Schalter S1, S2, S3, S4 verbunden, der beispielsweise als Leistungshalbleiter (z.B. Leistungs-FET) ausgebildet sein kann. Jeder der Schalter S1 bis S4 ist mit seinem Steuereingang mit einer Motorsteuereinheit 7 verbunden, welche in an sich bekannter Weise die 25 Wicklungen W1 bis W4 für gewünschte Zeitabschnitte mit der Gleichstromquelle durch eine entsprechende Ansteuerung der Schalter S1 bis S4 verbindet.

Parallel zu jedem steuerbaren Schalter S1 bis S4 ist eine Diode D1 bis D4 geschaltet, wobei die Durchlassrichtung der Dioden so gewählt ist, dass bei einem Schließen des betreffenden Schalters die zugehörige Diode sperrt. Werden für die 30 Schalter S1 bis S4 Leistungs-FET's verwendet, so sind diese Dioden D1 bis D4

bereits parasitär auf dem Silizium vorhanden. In diesem Fall sind keine separaten Bauelemente nötig.

Durch die Kopplung der jeweils entgegengesetzten Phasen I und III bzw. II und IV und die Dioden D3 und D1 bzw. D4 und D2 wird ein Abführen der gespeicherten magnetischen Energie beim Abschalten der betreffenden Phase erreicht, wodurch eine Verbesserung des Wirkungsgrades des Motors gewährleistet ist.

Fig. 2 zeigt den konstruktiven Aufbau eines entsprechenden Stators 1 in perspektivischer Ansicht. Der gezeigte Stator weist zwölf Statorpole 3 auf. Der Statorkörper 9 umfasst in üblicher Weise einen Grundkörper aus paketierten Statorblechen, welche sich senkrecht zur Längsachse des Stators erstrecken. Das Paket der Statorbleche kann zunächst in üblicher Weise durch Stanzpaketieren hergestellt werden, wobei jeweils zwei oder mehrere Bleche durch Ausüben eines punktförmigen Drucks verbunden werden.

Anschließend wird das Paket von Statorblechen mit einem Kunststoffkörper umspritzt, wobei zumindest im Innenbereich der Statorzähne, welche mit den Leitern der Wicklungen W1 bis W4 in Berührung kommen, eine Kunststoffauflage erzeugt wird. Hierdurch ist es nicht mehr nötig, wie bisher eine Pulverbeschichtung dieser Bereiche der Statorzähne vorzunehmen, um eine Beschädigung der Isolationsschicht der Wicklungsdrähte, insbesondere während des Wickelvorgangs, zu vermeiden.

Gleichzeitig werden an die Stirnseiten der Statorzähne 3 Wickelhilfen 11 umspritzt, welche während des Wickelns der Wicklungen W1 bis W4 eine Führung der Drähte bewirken und gleichzeitig die über die Stirnseiten der Statorzähne 3 hinausragenden Teile der Wicklungen in ihrer Lage fixieren.

An seiner Oberseite weist der Statorkörper 9 einen angespritzten Ring 13 mit einer Schulter 13a auf. In diese stirnseitige Schulter 13a sind Anchlusskontakte

15 eingepresst. Hierzu wird der Ring 13 mit entsprechenden Ausnehmungen für die Anschlusskontakte gespritzt, in welche dann die beispielsweise durch Stanzen und Biegen aus Blech hergestellten Anschlusskontakte 15 mit ihren Füßen eingepresst werden.

5

Die sich oberhalb der Schulter 13a des Rings 13 nach oben erstreckende Wandung 17 des Rings 13 dient zur Fixierung und Halterung einer Steuerschaltung 18, wie aus Fig. 4 erkennbar. Die Steuerschaltung 18 kann hierzu ein kunststoffumspritztes Stanzgitter 19 mit einer entsprechenden Ausnehmung 21 aufweisen, in welche die Wandung 17 des Rings 13 eingreift. Die Unterseite des Stanzgitters 19 kann dabei auf der Schulter 13a des Rings 13 aufliegen.

10

Die Anschlusskontakte 15 greifen mit ihren oberen Bereichen in Kontaktierungs-durchbrüche 23 in den Leiterzügen 19a des Stanzgitters 19 ein und können durch 15 Verlöten oder dergl. mit diesen verbunden werden.

15

Durch das Umspritzen des Pakets von Statorblechen in einem einzigen Arbeitsschritt mit Kunststoff, wobei die Innenbereiche der Statorzähne 3 umspritzt werden und gleichzeitig der Ring 13 und die Wickelhilfen 11 angespritzt werden, ergibt sich eine äußerst kostengünstige Herstellung des Stators 1. Das Anordnen 20 der Anschlusskontakte 15 unmittelbar am Stator 1 ermöglicht eine einfache Kontaktierung der Enden der die Wicklungen bildenden Leiter mit der Steuerschaltung 18.

20

25

Im Folgenden wird anhand von Fig. 3 das Verfahren zum Bewickeln des Stators 1 erläutert:

30

Zunächst sei bemerkt, dass sich im dargestellten Ausführungsbeispiel jede der Wicklungen W1 bis W4 über insgesamt sechs Statorzähne 3 erstreckt, welche in an sich bekannter Weise in zwei einander radial gegenüberliegende Gruppen von jeweils drei benachbarten Statorzähnen aufgeteilt sind. Wie bereits erläutert,

tragen diese sechs Statorzähne jeweils zwei gekoppelte Wicklungen, also die Wicklungen W1 und W3 oder W2 und W4. Zwei dieser Gruppen sind in Fig. 3 dargestellt, wobei im Folgenden der Einfachheit halber diese Wicklungen als W1 und W3 bezeichnet werden. Die verbleibenden sechs Statorzähne 3 für die Wicklungen W2 und W4 sind analog gewickelt. Diesbezüglich ist das im Folgenden beschriebene Verfahren entsprechend anzuwenden.

Jede der Wicklungen W1 und W3 besteht wegen der erforderlichen hohen Stromstärken aus mehreren parallel geschalteten Teilwicklungen einzelner Drähte. Erfindungsgemäß werden jeweils 2 oder  $2n$  Drähte (d.h. eine gerade Anzahl von Drähten), im dargestellten Ausführungsbeispiel die beiden Drähte 25, 27, gleichzeitig auf die betreffenden Statorzähne 3 gewickelt.

Hierzu werden zunächst die Anfangsenden der 2 Drähte 25, 27 jeweils mit einem ersten  $15_I$  und einem zweiten  $15_{II}$  der Anschlusskontakte 15 verbunden. Hierzu weisen die Anschlusskontakte V-förmige Klemmnen 15a auf, in welche die Drahtenden (abisoliert) eingelegt und durch Zusammenbiegen der Wandungen der Klemmnen 15a fixiert und kontaktiert werden.

Nach dem Fixieren der Drahtenden wird der erste Statorzahn 3 der ersten Dreiergruppe bewickelt. Dies geschieht bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel entgegen dem Uhrzeigersinn. Nach dem Aufbringen der gewünschten Anzahl von Windungen wird auf den benachbarten Statorzahn übergegangen und dieser im entgegengesetzten Sinn mit der gewünschten Anzahl von Windungen bewickelt (der mittlere Statorzahn 3 der linken Gruppe in Fig. 3). Schließlich wird auf den letzten Statorzahn der ersten Dreiergruppe übergegangen und dieser mit der gewünschten Anzahl von Windungen versehen. Dies erfolgt wieder im Wicklungssinn des ersten Statorzahns.

Anschließend wird auf den ersten Statorzahn der diametral gegenüberliegenden Dreiergruppe übergegangen (in Fig. 3 der rechte Statorzahn der rechten Dreier-

gruppe) und dieser bewickelt. Das Bewickeln dieser zweiten Dreiergruppe von Statorzähnen erfolgt analog.

Nach dem Bewickeln des letzten Statorzahns der zweiten Dreiergruppe (der linke Statorzahn der rechten Dreiergruppe in Fig. 3) wird das Ende des Drahts 25 mit dem dritten Anschlusskontakt  $15_{III}$  und das Ende des Drahts 27 mit dem vierten Anschlusskontakt  $15_{IV}$  verbunden. Die Zuordnung der Drahtenden zu den Anschlusskontakten 15 ist bei diesem ersten Teilwickelvorgang zunächst unerheblich. Selbstverständlich muss jedoch festgehalten werden, welche der Anschlusskontakte 15 mit diesen Wicklungen W1 und W3 korrespondieren. Mit anderen Worten, es muss für die spätere Ansteuerung der Wicklungen bekannt sein, welche der beiden Wicklungen mit welchen beiden Anschlusskontakten korrespondieren. Die Wicklungen W1 und W3 untereinander sind gleichwertig, da sie den selben Wicklungssinn aufweisen.

Nach Beendigung dieses ersten Teilwickelvorgangs erfolgt in gleicher Weise ein zweiter Teilwickelvorgang. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Drahtenden mit weiteren Befestigungsmitteln bzw. Klemmnen 15a der ersten bis vierten Anschlusskontakte verbunden werden. Dies ermöglicht eine einfache Befestigung der Drahtenden, ohne dass die Enden der zuvor gewickelten Drähte gelöst werden müssten.

Bei diesem zweiten und ggf. folgenden Teilwickelvorgängen muss jedoch darauf geachtet werden, dass die beim ersten Teilwickelvorgang gewählte Zuordnung der Anschlusskontakte  $15_I$  und  $15_{III}$  zu einer Wicklung, beispielsweise der Wicklung W1, bzw. der Anschlusskontakte  $15_{II}$  und  $15_{IV}$  zur anderen Wicklung, beispielsweise der Wicklung W3, eingehalten wird.

Üblicherweise wird man jedoch ohnehin von vornherein festlegen, dass ganz bestimmte Anschlusskontakte mit ganz bestimmten Wicklungen ggf. Wicklungsenden korrespondieren.

117

5 Durch das Zuordnen der Drahtenden zu bestimmten Anschlusskontakten bereits vor dem Wickeln und das Aufrechterhalten der Zuordnung während des Teilwickelvorgangs ist es auf einfache Weise möglich, ohne zusätzliche Maßnahmen, wie das Markieren der Drähte oder das Durchführen von Durchgangsmessungen, nach dem Teilwickelvorgang die Drahtenden korrekt mit den richtigen Anschlusskontakten zu verbinden. Dies gilt insbesondere bei einer geringen Anzahl von gleichzeitig gewickelten Drähten (vorzugsweise zwei Drähte).

10 Des Weiteren ergibt sich durch das Fixieren der Leiterenden unmittelbar vor bzw. nach dem Wickelvorgang der Vorteil, dass ein Lösen insbesondere der letzten Windungen vermieden wird. Auch wird die Handhabbarkeit der bewickelten Statoren während der Montage des Motors verbessert, da keine Enden der die Wicklungen bildenden Leiter die Montage beeinträchtigen können.

15 Insgesamt werden so viele Teilwickelvorgänge durchgeführt, bis die erforderliche Anzahl von parallelen Drähten pro Wicklung W1, W3 aufgebracht ist. Die Anzahl der Befestigungsmittel bzw. Klemmnuten 15a an den Anschlusskontakten entspricht dabei vorzugsweise der Anzahl der erforderlichen Teilwickelvorgänge.

20 Die beiden anderen gekoppelten Wicklungen W2 und W4 werden in analoger Weise hergestellt, wobei darauf zu achten ist, dass der Wicklungssinn auch in Bezug auf die bereits erstellten Wicklungen W1 und W3 korrekt zu wählen ist.

25 Das dargestellte Verfahren lässt sich selbstverständlich nicht nur für 4-Phasen-Gleichstrommotoren anwenden, sondern auch für Motoren mit einer beliebigen (geraden) Anzahl von Phasen, wobei jeweils die Wicklungen zweier Phasen magnetisch gekoppelt sind.

30

**Stator und Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen  
bürstenlosen Gleichstrommotor**

5

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Bewickeln eines Stators für einen bürstenlosen Gleichstrommotor,

10

a) welcher einen Statorkörper (9) mit einer vorbestimmten Anzahl von zu bewickelnden Statorzähnen (3) aufweist,

15

b) wobei die Statorzähne (3) jeweils mit zwei Wicklungen (W1, W3; W2, W4) bewickelt werden, die magnetisch gekoppelt sind und durch die Bestromung mit unterschiedlichem Richtungssinn die Erzeugung von entgegengesetzten Magnetfeldern ermöglichen, und

20

c) wobei jede der beiden Wicklungen (W1, W3; W2, W4) aus einer vorbestimmten Anzahl parallel geschalteter Leiter besteht,

dadurch gekennzeichnet,

25

d) dass die Statorzähne (3) in mehreren Teilwickelvorgängen jeweils gleichzeitig mit zwei Leitern (25, 27) oder einer geraden Anzahl von  $2n$  Leitern bewickelt werden,

30

e) dass einer der beiden Leiter (25, 27) oder  $n$  Leiter der  $2n$  Leiter der einen Wicklung und der andere der beiden Leiter (25, 27) oder die anderen  $n$  Leiter der  $2n$  Leiter der anderen Wicklung zugeordnet werden und

f) dass eine vorbestimmte Anzahl von Teilwickelvorgängen durchgeführt wird, bis die vorbestimmte Anzahl von Leitern pro Wicklung (W<sub>1</sub>, W<sub>3</sub>; W<sub>2</sub>, W<sub>4</sub>) erreicht ist.

5        2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Zuordnung der Leiter (25, 27) zu den beiden Wicklungen (W<sub>1</sub>, W<sub>3</sub>) vor jedem Teilwickelvorgang das eine Ende des einen (25) der zwei Leiter (25, 27) oder die einen Enden von n der 2n Leiter einem ersten Anschlusskontakt (15<sub>I</sub>) und das eine Ende des anderen (27) der zwei Leiter (25, 27) oder die einen Enden der anderen n der 2n Leiter einem zweiten Anschlusskontakt (15<sub>II</sub>) zugeordnet werden und dass nach jedem Teilwickelvorgang das andere Ende des einen (25) der zwei Leiter (25, 27) oder die anderen Enden der n der 2n Leiter einem dritten Anschlusskontakt (15<sub>III</sub>) und das andere Ende des anderen (27) der zwei Leiter (25, 27) oder die anderen Enden der anderen n der 2n Leiter einem vierten Anschlusskontakt (15<sub>IV</sub>) zugeordnet werden.

10        3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das eine Ende des einen (25) der zwei Leiter (25, 27) oder die einen Enden der n der 2n Leiter vor dem Teilwickelvorgang mit dem ersten Anschlusskontakt (15<sub>I</sub>) und das eine Ende des anderen (27) der zwei Leiter (25, 27) oder die einen Enden der anderen n der 2n Leiter mit dem zweiten Anschlusskontakt (15<sub>II</sub>) verbunden werden.

15        4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die gleichzeitig gewickelten Leiter (25, 27) während des Wickelvorgangs eng benachbart und vorzugsweise in über den Wickelvorgang aufrechterhaltener Lage geführt werden.

20        5. Stator für einen bürstenlosen Gleichstrommotor,

25        30

a) welcher einen Statorkörper (9) mit einer vorbestimmten Anzahl von bewickelten Statorzähnen (3) aufweist,

5 b) wobei die Statorzähne (3) jeweils mit zwei Wicklungen (W1, W3; W2, W4) bewickelt sind, die magnetisch gekoppelt sind und durch die Bestromung mit unterschiedlichem Richtungssinn die Erzeugung von entgegengesetzten Magnetfeldern ermöglichen, und

10 c) wobei jede der beiden Wicklungen (W1, W3 bzw. W2, W4) aus einer vorbestimmten Anzahl parallel geschalteter Leiter besteht,

dadurch gekennzeichnet,

15 d) dass jeweils zwei Leiter (25, 27), von denen ein Leiter der einen Wicklung und der andere Leiter der anderen Wicklung zugeordnet ist, oder  $2n$  Leiter, von denen  $n$  Leiter der einen Wicklung und die anderen  $n$  Leiter der anderen Wicklung zugeordnet sind, über in die gesamte Wicklungslänge in einer im Wesentlichen zueinander konstanten Lage geführt sind.

20 6. Stator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweils zwei oder  $2n$  Leiter eng benachbart geführt sind.

25 7. Stator nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Statorkörper (9) vorzugsweise an einer Stirnseite Anschlusskontakte (15) aufweist, welche jeweils mit den Enden der die jeweils zwei magnetisch gekoppelten Wicklungen (W1, W3; W2, W4) bildenden Leiter verbunden sind.

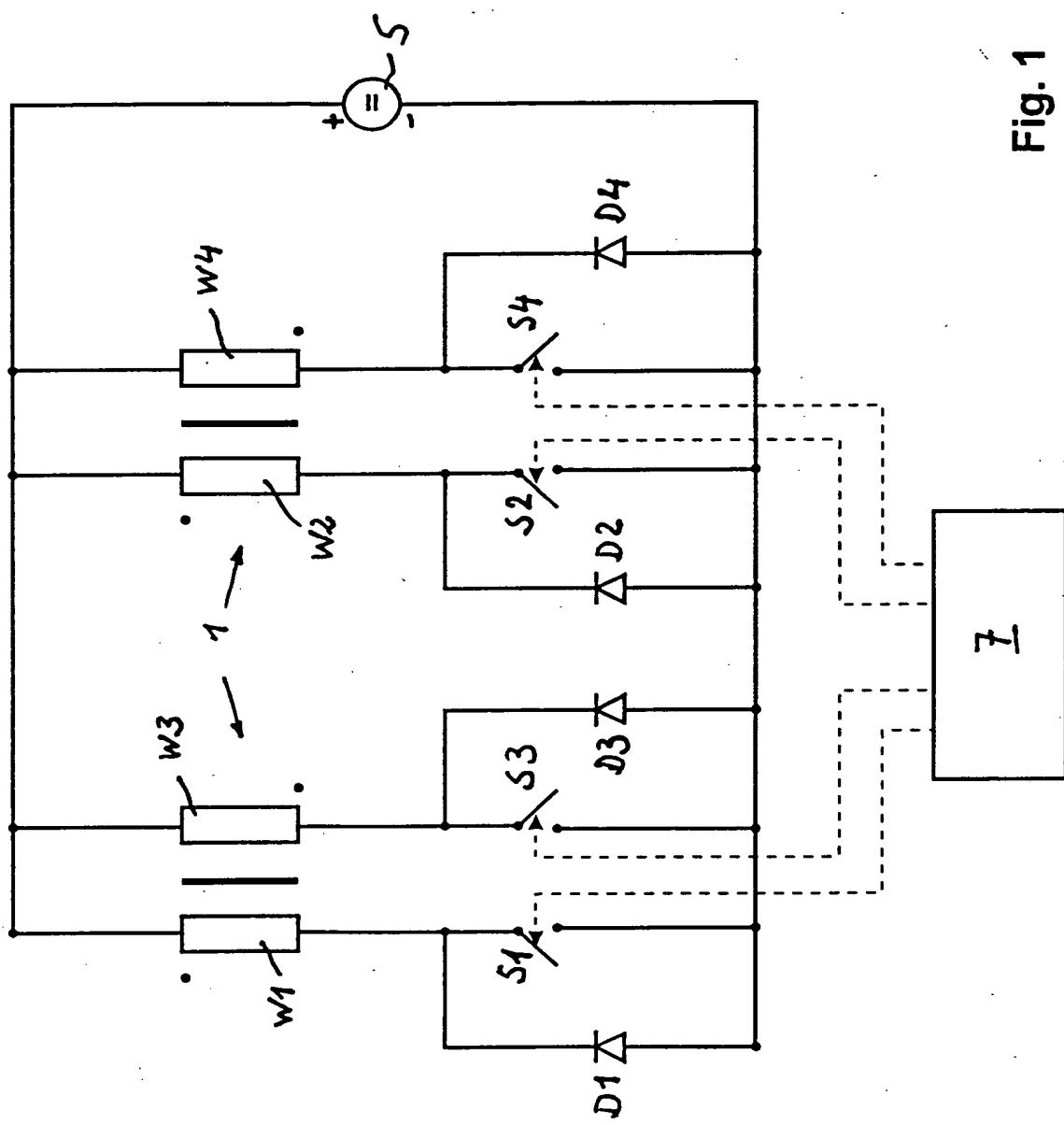
30 8. Stator nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlusskontakte (15) gleichzeitig zur elektrischen Kontaktierung und mechanischen

Halterung einer vorzugsweise ein Stanzgitter (19) oder eine gedruckte Leiterplatte aufweisenden Steuerschaltung (18) dienen.

9. Stator nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten und zweiten (15<sub>I</sub>, 15<sub>II</sub>), vorzugsweise auch die dritten und vierten Anschlusskontakte (15<sub>III</sub>, 15<sub>IV</sub>) Befestigungsmittel (15a) aufweisen, welche ein nacheinander erfolgendes Verbinden, insbesondere Klemmen, von Leiterenden ermöglichen, ohne dass ein Lösen bereits verbundener Leiterenden erforderlich ist.

10. Stator nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Anschlusskontakte (15) eine Anzahl von Befestigungsmittel (15a) aufweisen, welche der Anzahl der erforderlichen Teilwickelvorgänge nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 entsprechen.

Fig. 1



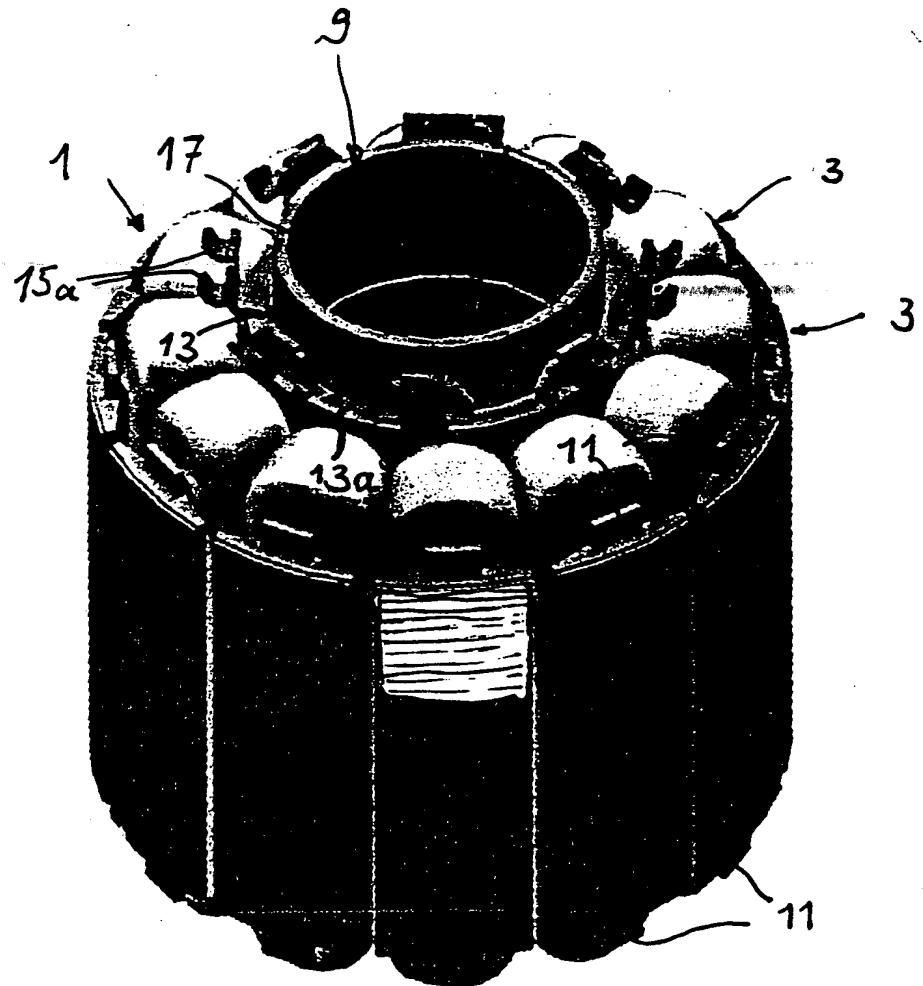
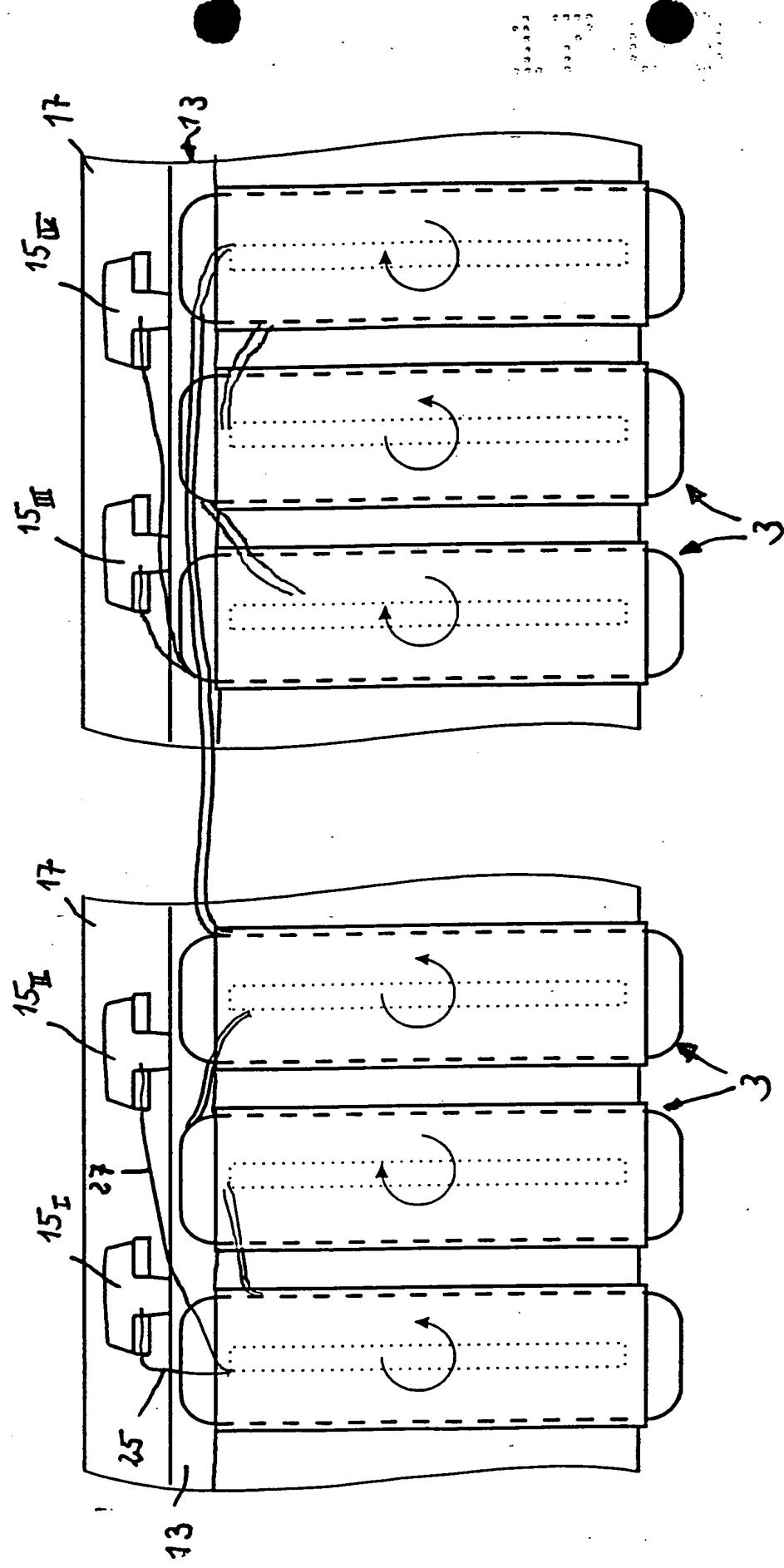


Fig. 2

Fig. 3



22

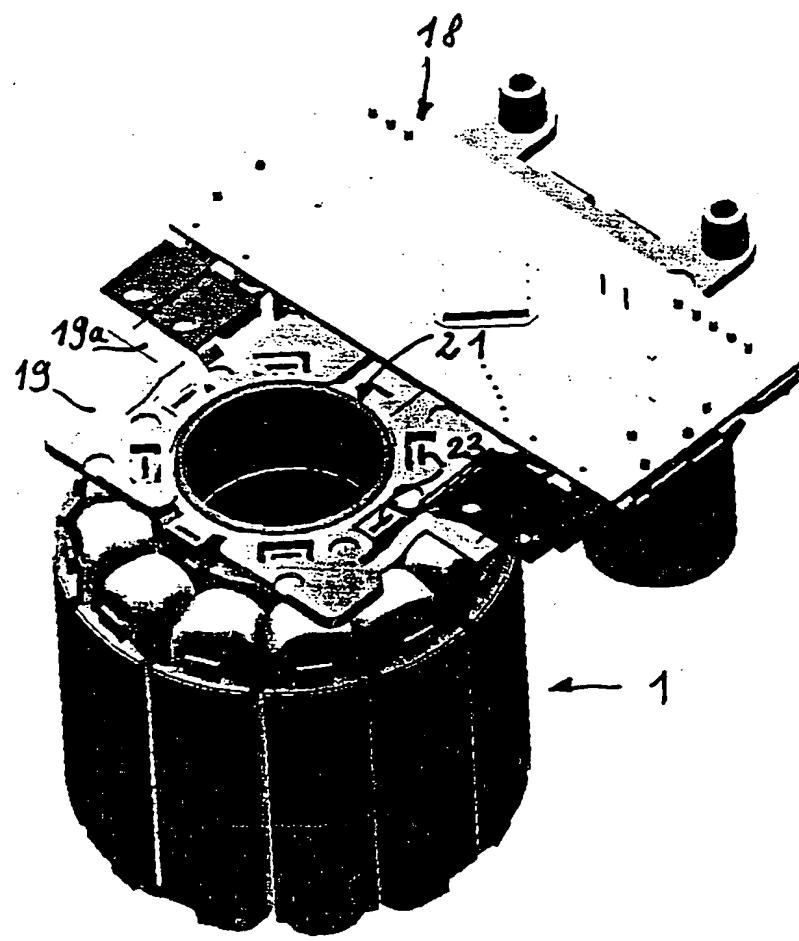


Fig. 4